遥感技术在种植收入保险中的应用场景及研究进展

陈爱莲[1,2]，赵思健[1,2*]，朱玉霞[1,2]，孙　伟[1,2]，张　晶[1,2]，张　峭[1,2]

（1. 中国农业科学院农业信息研究所，北京，100081；2. 农业农村部农业信息服务技术重点实验室，北京，100081）

摘　要：种植收入保险已成为中国农业保险的一种重要形式，2022年将在13个粮食主产省的所有主产县开展。本文首先回顾了遥感技术在农业保险中的总体应用历程，其次，通过阐述现有种植收入保险的业务模式，展现了目前遥感技术在该模式下的应用场景，并对各种应用场景下的关键技术的应用研究进展进行了评述，包括耕地地块提取、作物分类提取、作物灾情评估和作物产量估算。最后，列举了目前种植收入保险常用的遥感数据源。通过综述，发现种植收入保险应用场景下最重要的两个技术层面的问题，一是地块提取和作物分类不够自动化，二是产量估算机理性不强、准确度不高。由此又延伸出两个行业层面的问题，一是遥感行业自身局限性问题，二是保险行业的现行业务与遥感技术结合的兼容性问题。对此，本文提出建立数据分发平台解决数据获取和与处理难和初始数据标准化的问题、完善耕地地块和作物类型样本库以促进地块提取和作物分类自动化、多学科交叉研究实现更快更准更科学地产量估算、农业保险遥感技术应用标准化，以及遥感技术应用合同化等五个具体建议。展望未来，种植收入保险乃至所有农业保险中遥感技术的应用模式应该是一个有数据可用、技术上更自动化智能化、有标准可依、有合同背书的新型模式。

关键词：遥感技术；农业保险；种植收入保险；精确理赔；产量估算；耕地提取；灾情评估；遥感数据源

中图分类号：TP7;S127　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**SA202201011

引用格式：陈爱莲，赵思健，朱玉霞，孙伟，张晶，张峭．遥感技术在种植收入保险中的应用场景及研究进展[J]. 智慧农业(中英文), 2022, 4(1): 57-70.

CHEN Ailian, ZHAO Sijian, ZHU Yuxia, SUN Wei, ZHANG jing, ZHANG Qiao. Application scenarios and research progress of remote sensing technology in plant income insurance[J]. Smart Agriculture, 2022, 4(1): 57-70. (in Chinese with English abstract)

1　引　言

农业是一项弱质产业，面临自然灾害带来的生产风险和价格波动带来的市场风险双重风险。农业保险作为一种农业风险管理的有效工具，在规避农业风险、保障农民收入稳定和农村社会稳定方面发挥着重要的作用。自2007年实施政策性农业保险以来，中国农业保险发展速度迅猛，2020年农业保险的签单保费达到815亿元人民币[1]，保费规模首次跃居世界第一，2021年保费继续增长至965亿元人民币[2]。

然而，中国目前实施的政策性农业保险绝大多数是物化成本保险，主要用于弥补自然灾害导致的产量损失，并以物化成本的水平对农户因灾损失进行补偿。随着经济的全球化，各国农产品价格的关联度越来越高，农业市场风险的影响日

收稿日期：2021-10-20

基金项目：中国农业科学院农业信息研究所公益性基本科研业务费专项资金项目（JBYW-AII-2022-19）；中国农业科学院农业信息研究所科技创新工程项目（CAAS-ASTIP-2019-AII）；国家社会科学基金项目（17CJY033）

作者简介：陈爱莲（1984—），女，博士，工程师，研究方向为遥感技术应用。E-mail：chenailian@caas.cn。

*通信作者：赵思健（1977—），男，博士，研究员，研究方向为农业风险管理及保险。E-mail：zhaosijian@caas.cn。

益凸显。农产品价格的频繁波动，严重影响了农业收入的稳定性。传统的物化成本保险或者称产量保险，已经不能满足农业生产者的风险保障需求。国际经验表明，农业收入保险是防范农民生产和市场风险的重要手段，已经成为美国、加拿大、日本等发达国家重点推行的农业保险产品[3]。与只保价格或者只保产量的保险产品相比，农业收入保险是一种弥补农业生产者因产量或价格双重风险而引起收入损失的保险，具有风险保障更加全面、承保风险更低、风险分散能力更强和准入门槛更低等优点，已经成为中国农业保险高质量发展的必然选择。

中国自2016年起开始重视农业收入保险，尤其是种植收入保险的实施与推进。2016年以来发布的中央一号文件均提及了探索开展种植收入保险的试点。在政策的指引下，中国多省市地区积极开展种植收入保险试点，其中以区域收入保险的试点居多。2021年6月，财政部、农业农村部和银行保险监督管理委员会三部委联合下发了《关于扩大三大粮食作物完全成本保险和种植收入保险实施范围的通知》（财金（2021）49号文）[4]，该通知明确2021年的种植收入保险试点由2020年的6个粮食主产省各4个主产县扩大到所有13个粮食主产省份的500个产粮大县，占产粮大县的60%。而2022年的中央一号文件进一步明确“实现三大粮食作物完全成本保险和种植收入保险主产省产粮大县全覆盖”，并增加了新的要求，即“探索开展糖料蔗完全成本保险和种植收入保险”。至此，在种植业保险方面，收入保险已成为目前及今后一段时期中国国家政策鼓励开展的重要险种。

在试点和大力发展种植收入保险过程中，保险各方在理赔时作物产量实时精确获取、理赔区域划分、基差风险识别等方面不断遇到新的难题。其中，作物产量实时精确获取是当前最为突出的难题。遥感（Remote Sensing，RS）技术是20世纪60年代兴起的一种探测技术，已经在农业领域中应用了50多年，应用领域涵盖了农业资源调查、农情四要素（面积、长势、灾害和产量）的监测，以及农业环境保护等多个领域[5-7]。遥感技术以其覆盖面积广、记录方式客观、重访周期短等优势被引入到收入保险的试点项目中，并积累了一定的试点经验。然而，随着保险行业的快速发展，以及政府层面的政策引导，遥感技术应用于农业保险迎来了新的机遇，同时也面临了巨大挑战。挑战主要包括以下几点：（1）遥感技术在中国农业保险中的应用历史不长，经验积累不足；（2）农业保险对遥感技术的服务需求因保险产品的不同而不同，没有统一的模式，没有可遵照的标准规范；（3）引入遥感技术不是政府或监管部门强制的行为，也没有在保险合同中明确相关条款，农业保险各方（提供保费补贴的政府、作为保险人的保险公司以及作为被保险人的农户）对遥感技术的认可存在不确定性；（4）遥感技术与农业保险、尤其是种植业产量损失补偿型保险（与之相对应的是指数型保险）的结合还不够成熟；（5）此外，遥感技术自身也存在很多局限性[8,9]。

因此，本文首先回顾了遥感技术应用于农业保险的发展历程，阐述了种植收入保险中产量获取存在的问题，并以种植业收入保险这一险种为重点，通过展示种植业收入保险的业务流程以及遥感技术的介入场景，综述与种植收入保险业务相关的关键技术，最后对当前遥感技术在种植收入保险中的应用现状进行讨论，对未来遥感技术在种植收入保险中的应用模式进行展望，以期推进遥感技术在种植收入保险中的深入应用，促进中国农业保险的高质量发展。

2 遥感技术在农业保险中的应用发展历程

2.1 国际农业保险遥感的发展历程

遥感技术应用于农业保险的案例可追溯到1975年，1980年Towery等[10,11]使用航空红外影像定性地评估雹灾等灾害对作物产量的影响，确

定耕地受损面积和位置。而根据De Leeuw等[12]对遥感技术在农业保险中的应用潜力和实际采用情况的综述，2014年之前的40年，遥感技术在损失补偿型保险方面的应用非常有限，几乎仅限于美国政府开展的几个研究。De Leeuw等[12]同时也发现遥感技术与指数型保险的结合度更高，其结合成熟程度远大于与损失补偿型保险的结合，且主要用于牧草或畜牧业指数保险。此后，2019年，Vroege等[13]综述了遥感技术在牧草指数保险方面的应用，也指出遥感影像的应用潜力很高，不同分辨率的遥感影像可用于不同类型的农业保险，其中高分辨率遥感影像用于损失赔偿型保险，中分辨率遥感影像用于区域产量保险，而低分辨率的气象参数相关的影像可用于气象指数保险。

在2014年前后，发展中国家尤其是中国的农业保险开始飞速发展。由于发展中国家农业保险起步晚，保险双方信息不对称情况比较严重，遥感技术开始在很多国家的非指数类保险中得以应用，如印度水稻产量估算[14]，中国小麦干旱风险评估[15]，印度尼西亚水稻损失评估[16]等，这些研究一定程度上都以辅助保险定损或产量估算为目的进行遥感技术探索，都需要将遥感所得信息转化成与产量损失相关的信息。

2.2 中国农业保险遥感技术发展历程

中国是农业保险新兴市场。2007年，自中国政府开始提供保费补贴以来，农业保险逐渐步入高速发展阶段[3]，遥感技术在农业保险中的应用研究也始于这一时期。2013年，中国人民保险财产股份有限公司（简称“人保财险”）联合北京师范大学等单位开展了《国家发改委卫星及应用产业发展专项项目——基于遥感技术的农业保险精确承保和快速理赔综合服务平台与应用示范》研究[17]，是农业保险与遥感技术结合的里程碑。2014年，郭清和何飞[18]分析了遥感技术在农业保险中的“按图承保、按图理赔”的应用模式，详细介绍了在遥感技术支持下农业保险承保和理赔的技术流程。

从引入遥感技术至今，中国研究者除了学习国外经验之外[17]，更积极从中国国情出发探索基于遥感技术的产品设计、基于遥感技术的保险全流程辅助技术应用，以及基于以遥感技术为主，地理信息系统（Geographic Information System，GIS）与全球定位系统（Global Positioning System，GPS）技术为辅的保险业务方案设想和设计，为农业保险高质量发展提供依据。其中，产品设计主要体现在指数型保险方面，如李懿珈等[19]以西藏那曲地区为例，设计以遥感植被指数作为赔付依据的畜牧业旱灾指数保险产品。基于遥感技术的保险全流程辅助则涉及了保险承保后的验标、理赔时的灾害定损和产量估算。蒙继华等[20]以内蒙古库伦旗较严重的旱灾为例，基于遥感技术开展了农作物分类与种植面积提取、干旱等级评估、作物长势监测及作物单产与产量评估，是一个系统的遥感技术应用于种植业保险承保、理赔的案例。将遥感技术引入种植收入保险方面也有专门的案例研究，如2019年陈爱莲等[21]将遥感技术引入大豆区域收入保险中，基于哨兵2号卫星等数据，研究大豆遥感估产及其在区域收入保险中的应用流程。朱玉霞等[22]在山西马铃薯区域收入保险中也做了详细的探索。基于3S（GIS，GPS和RS）技术的农业保险业务方案设想也较多，包括赵思健和张峭[23, 24]提出建立基于3S技术的“天空地”一体化模式，应用于种植业保险的标的管理和灾害查勘定损。李乐等[25]提出的基于3S技术的“精确承保和快速理赔”等。

中国从农业保险进入高速发展以来，不断有不同团体，包括保险公司[26]、科研院所[25]、监管部门[27]、科技公司[28,29]等，独立或联合研究以遥感技术为主的3S技术在农业保险中的广泛应用。从保险标的方面，既包括粮食作物保险的应用，也包括经济作物、林业、牧草保险的应用；从保险产品角度，既包括损失理赔型保险的应用也包括指数保险的应用；使用数据涵盖了气

象卫星数据、中低分辨率多光谱卫星数据、雷达卫星数据、中高分辨率卫星数据、高分辨率卫星数据和无人机航空数据等。其中气象卫星数据可用于灾害评估，如NOAA卫星降雨产品用于旱灾评估[20]，也可用于产量估算，如GPM测雨雷达卫星数据用于产量评估[21]。中低分辨率既可用于长势评估，如中分辨率成像光谱仪（Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer，MODIS）产品[20]，也可用于产量估算[22]。中分辨率卫星数据可用于耕地地块划分，如哨兵2号（sentinel 2）[21,30]；也可用于作物分类，如环境卫星[20]；还可用于长势评估和产量估算[21]。而超高分辨率卫星数据和无人机数据则多用于地块提取、作物分类和产量估算[5]。

由于种植收入保险一般承保到户，或者到乡镇，因此需要实现区县、乡镇、村甚至地块级别较准确的作物分类、面积估算和产量估测，其尺度更小，对分辨率的要求更高，所使用的数据也以中高分辨率卫星数据和无人机数据为主[5,31]。遥感技术在农业保险中的应用在总的技术框架层面已形成了标准规范，即《基于遥感技术的农业保险精确承保和快速理赔规范》（JR/T 0180—2019）。该规范虽然“规定了基于遥感技术的农业保险精确承保和快速理赔工作准备，遥感数据获取、预处理和解译技术方法，精确承保和快速理赔总体流程、产品内容和精度要求”，并规定其“适用于种植险和森林险利用遥感技术开展农业保险精确承保和快速理赔，规范遥感技术在农业保险承保和理赔中的应用”。但是，该规范总体上比较笼统，没有涉及不同险种、不同遥感数据、不同的保险阶段所涉及的具体遥感技术等内容。

总体上，如De Leeuw等[12]所言，目前农业损失理赔中遥感技术的应用依然集中于技术的探索，而与保险业务结合的研究较少。虽然目前遥感技术在“精确承保”方面已经可以满足承保和验标的要求，但是在精确理赔方面，由于农业保险标的农作物生长和产量形成机制及影响因子的复杂性，理赔仍是“一地一技，一事一议”[32]，没有形成技术标准或者应用模式规范。遥感技术在农业保险上的应用也侧重于验险验标、灾后查勘定损和产量估算中的技术探索，而如何让遥感技术与农业保险业务更好地结合，如何形成行业标准，形成何种行业标准是面对农业保险高速发展、高质量发展对数据需求的主要挑战。

2.3 作物产量获取存在的问题

种植收入保险在理赔时需要作物收获期的实际产量和实际价格数据做支撑。实际价格数据可以参考物价局数据，而实际产量的数据来源则是个难题。中国统计部门通常会滞后半年甚至一年以上公布产量数据，因此在收入保险理赔中，目前普遍采用产量估算方法，即人工测产。中国目前农业生产仍以小农户为主，开展个体收入保险需要获取个体产量，成本极高，很难施行，目前的种植收入保险多以区域收入保险形式开展，通过测量区域产量开展理赔。现行的人工测产在区域产量获取中存在着成本高、效率低、区域覆盖不全、主观性大导致结果有偏差以及基差问题无法解决等五个方面的不足。

遥感技术的引入为估测作物产量提供了一条新渠道，利用遥感技术既可以为采样点布设提供长势分级图，也可以进行估产建模，但同时也带来了新的问题。一是遥感估产受数据的限制。如光学卫星数据受天气的影响，无人机数据受飞行范围与数据分辨率之间的矛盾以及成本的影响[5]，雷达数据受信息量的影响[6]。二是遥感估产的可靠性和认可度都存在不确定性。遥感估产依赖于地面数据的支持，所依赖的遥感参数存在“同物异谱”或者“异物同谱”现象会带来估产误差。保险双方，尤其是被保险人对遥感的认同程度有待提高。三是获取数据的成本问题。不同的遥感数据，如存档卫星数据和编程卫星数据，中分辨率数据和高分辨率数据，无人机数据和卫星数据之间，成本相差很大，若收入保险统一要求用遥感数据，其存在巨大差距的数据成本需要

慎重考虑。

可见，遥感技术在种植收入保险中的应用不仅是对遥感技术的挑战，遥感技术与农业保险的结合也是对保险公司、政府和监管等部门的挑战。

3 遥感技术介入种植业收入保险场景

下文以种植收入保险为例，展示种植收入保险的业务流程，从而展现遥感技术的介入场景，如图1所示。

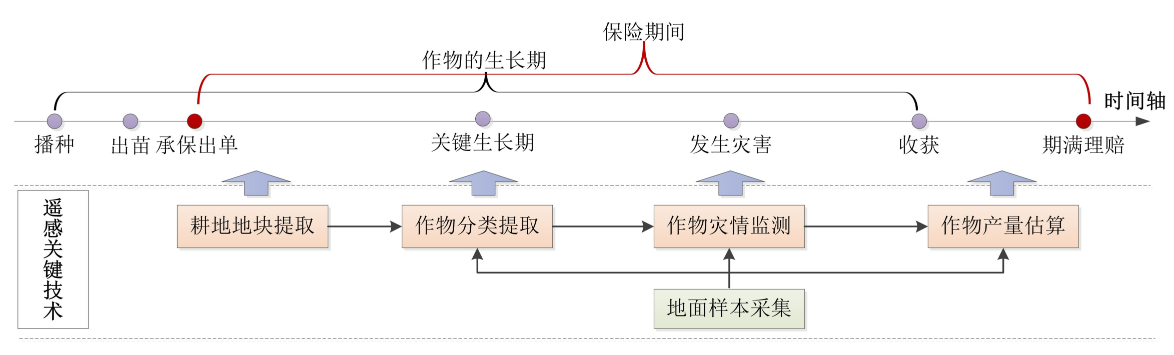


图1 种植收入保险业务流程及遥感技术介入场景

Fig. 1 The business process of plant income insurance and the intervention scenario of remote sensing technology

从时间轴的角度看，种植收入保险开始于目标作物出苗后，保险机构进入收入保险的承保阶段。通过承保出单，保险机构确定收入保险的承保区域，明确了遥感技术应用的作业范围。随着作物进入生长期，可以利用遥感技术开展承保区域的耕地地块提取和作物分类。耕地地块是收入保险验标的基础数据，也是后续作物分类提取的基础，而作物分类图则是收入保险验标的重要依据；在作物生长过程中，还可以利用遥感技术记录和监测作物生长状态和受灾情况，开展作物长势分析和灾情评估；在作物收获期到理赔阶段，在气象、遥感、高程等多源数据的基础上开展作物产量估算建模，并按照理赔区域的规定计算出目标作物的平均产量，作为收入保险产量的依据。

从整个种植收入保险业务流程中可以看出，流程涉及的关键遥感技术可以分成4个部分，即耕地地块提取、作物分类、作物灾情监测以及作物产量估算。此外，整个业务流程中，数据源和地面样本采集是必要条件。其中，数据源的存在是业务开展的前提，而地面样本是基于遥感分析结果精度的保障。样本采集主要基于GPS技术、GIS技术、互联网技术和抽样技术。目前样本采集技术也比较成熟，如中国太平洋财产保险股份有限公司的“e农险”系统[33]，中国农业科学院农业信息研究所的“样采宝”[21]。由于篇幅关系，对于样本采集技术本文不再赘述。

4 种植收入保险涉及的遥感关键技术和数据源发展现状

理论上，农业遥感所用的技术和数据源在农业保险中都可以使用。其中，数据源和技术方法依据农业保险的业务进行选择。下文将从技术总体现状和农业保险所需技术和数据源现状展开评述。

4.1 耕地地块提取技术

耕地地块是种植收入保险承保和验标的基础数据，也是作物分类提取的框架，在收入保险乃至整个种植业保险的应用中均有重要作用。耕地地块可以从已有的土地利用产品中提取，如分辨率为30 m的GlobeLand30[34]。但是土地利用产品生产的最初目的是土地利用类型的分类，产品精度一般无法直接满足农业保险涉及的乡镇级别的耕地地块提取需求，因此从土地利用产品中提取耕地常需要辅以统计数据或者新的遥感影像进

行修正[35]，此类数据是一个更精细的地块提取或者作物分类的基础。在农业保险的遥感应用中，由于保单涉及到个体农户，因此保险中耕地地块的提取常常需要补充分辨率优于10 m的数据。

基于中高、高分辨率遥感数据的耕地地块提取方法有传统的室内经验判读式的人工勾画法、室外依据GPS航迹点的实地勾画法、面向像元的分类法、面向对象的图像分割法和人工智能领域的深度学习法。目前，在实际应用中的耕地提取一般都是以某个数据和某种方法为主，同时辅以其他数据和方法，经过一定的人工修正来完成。其中，面向对象的图像分割法和深度学习分类法是对人工依赖性相对较低、提取效率和精度都相对较高的方法，也是目前较常用的方法[9]。

面向对象的方法是将多种知识，如遥感影像的多波段灰度值、纹理、邻域特征、几何形状等知识综合在一个表达里，进行邻域间比对，结合模糊数学，将各个相近的知识提炼成一个个对象[36,37]，从而识别出具有相似纹理、相似形状和灰度的耕地信息。该方法可以消除以像元为基本单位的传统分类方法带来的像元孤岛和“椒盐”问题，减少大量分类后处理的工作，不仅提高了分类精度也提高了工作效率。面向对象的方法已经比较成熟，在很多商业图像处理软件中都有这项功能，如国际上的eCognition软件，其对Sentinel 2A卫星数据的面向对象提取，结合随机森林模型可以实现96%的耕地提取精度[38]。国产的简译遥感信息处理软件——简译，直接提供了多尺度的分割模式，对纹理信息尤其敏感[39]。此外，其他常用的遥感软件，如ENVI，ERDAS IMAGINE都有面向对象提取功能模块。

深度学习分类法是从早期机器学习算法如人工神经网络（Artificial Neural Network，ANN）、支持向量机（Support Vector Machine，SVM）等机器学习算法中进化和升华而来的综合分类算法，2006年由Hinton等[40]正式提出，并被研究者引入遥感分类中。各国研究者们开展了基于深度学习多种算法的无监督或有监督分类，分类数据包括多光谱遥感、高光谱遥感、雷达遥感等[41-43]。深度学习算法对硬件的要求比较高。目前，美国的Google Earth Engine（GEE）平台为深度学习算法提供了云计算平台和可直接调用的代码模块，大大促进了深度学习算法的快速发展和应用。国产的简译遥感信息处理软件也内嵌了深度学习算法，促进了国内深度学习方法应用的推广。在云平台方面，国际上除了GEE以外，还有亚马逊云（Amazon Web Services，AWS）等云平台等。国内云计算平台的研发也在加速推进，如中国科学院先导专项的EarthDataMiner，航天宏图的PIE-Engine等[44]。

从分类方法角度看，在实际应用中，监督分类的深度学习法一般需要制作和积累数以万计的样本实现高精度的提取，而无监督分类的深度学习算法需要大量时间调节试验参数[43]，目前基于深度学习的耕地提取技术在提取前和后处理上仍然需要大量的人工修正。杨颖频等[45]基于D-Linknet算法的深度学习分类，只取了84个1000×1000像素的样本，在小样本情景下，使用了人工修正的方式，取得了相对可靠的84%的识别精度，但深度学习的优势不明显。

从种植保险应用的角度来看，目前成熟且快速的耕地提取技术仍然是面向对象技术，该技术对样本数量要求低，对操作人员的技术要求也较低。但是随着深度学习应用的深入开展，其自动化和智能化的特性将被不断挖掘，成为未来耕地自动化和智能化提取的关键技术。

4.2 作物分类提取技术

中国的农业保险是政府提供保费补贴的政策性保险，而保费补贴额度与作物类型相关。因此，作物分类图不仅是产量估算的基础，也是保险验标的基础。作物分类提取技术方法很多，采用何种作物分类提取技术主要取决于工作区域的大小、所采用的数据、区域种植结构特征等因素。大尺度（如省级及以上尺度）的作物分类，

常选用中低分辨率影像（100～1000 m）数据，如MODIS、甚高分辨率扫描辐射计（Advanced Very High Resolution Radiometer，AVHRR）等遥感数据，分类依据主要是长时间序列影像展示的物候规律特征，方法上可采用人工决策树或者机器学习法进行作物识别，再辅以像元的软硬分类后处理来提高分类精度[9]。中尺度（如省级以下或县级尺度）的作物分类，一般采用中高分辨率（10～100 m）影像，此时可以用面向对象法、决策树分类法或者多种方法综合等方法进行提取[27]。小尺度（如乡镇级、村级尺度）或种植结构非常复杂的区域的作物分类，则一般需要高分辨率遥感影像（<10 m），此时一般采用面向对象或深度学习算法进行作物分类[9]。

在种植收入保险中，开始作物分类之前，首先尽可能多地收集卫星遥感数据，根据数据情况，考察目标作物在影像上所呈现的特征来确定所采用的方法。若目标作物与同期作物从光谱特征或者纹理特征上差异明显，则可基于单期影像进行分类。若光谱特征存在明显差异，即可以基于传统的监督分类、非监督分类或面向对象等方法，若纹理特征存在明显差异，则可主要基于面向对象方法进行分类。刘斌等[46]基于SVM对一期无人机影像农作物识别，结合数字地表模型（Digital Surface Model，DSM）数据，识别精度达到92%。

在实际应用中，为了获得最佳的分类精度，达到应用需求，经常需要综合应用多种数据和多种方法。例如，吴志峰等[47]在广西扶绥县进行的作物提取研究采用时空协同、多方法综合的方案，该研究首先采用深度学习算法对0.6 m的谷歌地球（Google Earth，GE）数据进行耕地地块的提取，以此为掩膜底图，结合两年45景的Landsat 8数据和Sentinel 2数据（其中2018年8景Landsat 8数据，14景Sentinel 2数据，2019年7景Landsat 8数据，16景Sentinel 2数据）的植被指数，基于随机森林方法进行全作物分类，实现了88%的作物提取精度。陈爱莲等[32]在嘉祥县进行大豆的识别时，首先从Globeland30中提取耕地对研究区进行掩膜，之后基于一期哨兵2号卫星数据进行面向对象分割，并对分割的地块采用监督分类，细化掩膜后的耕地内部的地块边界，提取出较详细的耕地地块边界。在此边界限定下，再采用非监督分类分出大豆与其他作物，区域总体精度达到了90%。由于中国种植结构极其复杂，普遍存在同谱异物的作物，此时选择决策树方法进行分类，而分类的主要依据是作物的物候规律，也就是该阶段目标作物较前一阶段的生长变化率与其他作物存在明显的差异[45,48,49]。

4.3 作物灾情评估技术

作物受灾情况对产量有直接的影响，是产量估算的重要参考数据，也是保险理赔依据之一，而作物灾情监测与长势监测息息相关。

作物灾情评估可以用灾前灾后的长势进行对比，如基于多时相多光谱卫星遥感数据的植被指数进行的对比[50,51]，或者基于无人机激光雷达监测的玉米观测高度差异对比评价涝灾[52]，还可以基于多光谱或者高光谱数据进行光谱变换来评估[32,53,54]。

在种植业区域收入保险应用中，作物长势和灾情评估直接为产量估算服务，因此灾情评估常被转化成长势评估。专门的长势监测研究一般只给出作物的长势等级[55]，种植收入保险中的长势监测不仅考虑作物某一长势特征的等级，还考虑导致该等级产生的原因以及与产量的关系。种植收入保险中的作物长势和灾情评估一般在作物分类和野外采样时进行。在作物分类时，对于不确定的类别进行再验证，对已经确定类别的地块在光谱特征上的微小差异进行再次甄别是作物长势评估的关键。不确定的类别或已经确定的类别间的光谱差异，以及单个地块内光谱差异，可能是受灾、受害或者种植习惯、管理方式不同造成的。对于这些异常地块和异常类别，要辅以野外验证，完成地面的长势定级和灾损定级，然后基于这些野外样本，找到最佳遥感指数，如归一化植被指数（Normalized Difference Vegetation In-

dex，NDVI）、植被指数（Enhanced Vegetation Index，EVI），或生理参数，如叶面积指数（Leaf Area Index，LAI）、光合有效辐射吸收系数（Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation，FAPAR），进行大范围的长势定级和灾情评估，制作长势分级图和灾情分级图，从而指导实地测产的采样路线制定和样本数量计算，以加权等形式辅助作物的最终估产。如陈爱莲等[32]在嘉祥县大豆区域收入保险中的研究，在大豆种植识别时开展了长势分级和灾情评估，为提高估产精度提供了有效的辅助数据。

4.4 作物产量估算技术

作物产量是收入保险理赔的直接依据。基于遥感技术的作物产量估算方法可分成两类，一是统计建模法，二是遥感数据同化的作物生长模型模拟法[56-58]。其中，统计建模法是采用航空或者航天遥感得到的参数作为建模的输入因子，与实际产量进行回归分析，得到经验统计模型，进而估算产量。该方法根据所获取的遥感数据分辨率的高低，可以得到不同水平地块尺度的产量，在识别作物种植面积的基础上对产量进行估算，估算结果精度高，可信度强[59]。该方法存在的不足是需要较多的地面产量样本。传统的作物生理模型模拟法主要在单点（包括试验小区）上进行研究，以作物生产发育、遗传形状、品种筛选等为主要研究目的[60]，近年相关研究呈现增加的趋势[61]。然而，遥感数据同化的作物生长模型模拟法所需的作物相关参数多，在乡镇及更小尺度上的研究还没有更好的结果。目前，遥感产量估算的相关标准《中高分辨率卫星主要农作物产量遥感监测技术规范》（NY/T 4065-2021）、《小麦、玉米产量遥感估测规程》（DB61/T 1041-2016）和《遥感预测小麦产量技术规范》（DB32T 3780-2020）均采用统计建模方法。统计建模法在遥感光谱或者其他辐射参数中寻找与实测产量相关关系较强的因子，通过回归分析建立统计估产模型，遥感参数可以是NDVI，也可以是作物农学参数[62]，还可以是基于微波的辐射参数[6]。除了遥感参数外，可以加入地形数据、气象相关遥感产品等因子，使得模型具有更高的解释度。朱玉霞等[22]对山西马铃薯区域收入保险的马铃薯产量估算中，发现产量与代表地面潜热通量的地表温度关系最佳。

基于遥感技术的作物产量估算中，野外产量样本是关键，而野外采样之前的长势和灾情评估更关键。产量估算应该综合利用多源数据，包括资源卫星遥感数据，气象相关遥感产品，还可以包括地形数据、社会经济数据，从而增加所建模型的可信度。

4.5 遥感数据源

遥感数据源是开展基于遥感技术的农业保险业务的前提。从以上遥感技术在农业保险中的应用历史回顾及技术进展评述可以看出，农业保险所用的数据来自众多遥感平台，可以是近地（手持设备）、航空平台，或（航天平台）。从所用电磁波谱来看，可以是主动遥感，也可以是被动遥感数。从数据的分辨率角度，包括了高、中、低分辨率的数据（JR/T 0180—2019）。但是，对于种植收入保险而言，由于理赔区域一般到乡镇甚至到村和农场，因此对数据源的空间分辨率要求较高，而由于农业保险的商品属性，对数据费用也有一定限制。从数据多寡、技术成熟度[32]、成本低廉等角度看，最常用且可以贯穿整个业务流程的依然是卫星数据。目前最常用的多光谱卫星数据及其常用的保险阶段如表1所示。

雷达卫星数据作为光学卫星数据的补充，近年来在农作物长势参数，如LAI，生物量等反演中也展现了潜力[6]，也可以应用于农业保险中。目前常用的雷达卫星数据及其常用的保险阶段如表2所示。

5 存在问题与发展建议

5.1 存在问题

虽然遥感技术在农业保险中的应用仅有十多年的历史，但由以上综述可知，遥感技术在种植

表 1 种植保险常用的多光谱卫星数据参数

Table 1 The parameters of multispectral satellite data commonly used in plant insurance

卫星	多光谱范围/nm	波段数量/个	空间分辨率/m	时间分辨率/天	发射年份	是否收费	发射国家/组织	常用的保险阶段
Sentinel 2 A/B	443～2190	12	10,20,60	5	2015/2017	否	欧空局	承保—理赔
Landsat 8	433～1251	8	15,30,100	16	2013	否	美国	承保—理赔
Planet 星座	455～860	4	<3,3.7	1	2014	否	美国	承保—理赔
SPOT 6、7	455～890	4	1.5,6	26	2012/2014	否	法国	承保—理赔
Pleiades 1/2	430～940	5	0.5,2	1	2011/2012	是	法国	承保—理赔
Rapideye	440～850	5	5	1	2008	是	德国	承保—理赔
高分1号、6号	450～890	4	2,8,16	4	2013/2018	是	中国	承保—理赔
高分2号	450～890	4	1,4	5	2014	是	中国	承保
资源3号	450～890	4	2.1,3.5,6	3～5	2012	是	中国	承保

表 2 种植保险可以用的雷达卫星数据参数

Table 2 The parameters of radar satellite data useful in plant insurance

卫星	成像模式	波段	极化方式	空间分辨率/m	重访周期/天	发射年份	是否收费	发射国家/组织	保险应用阶段
TerraSAR-X 及组网星座卫星	SL,SM,SC,SCW	X	单极化,双极化,全极化	1～40	11	2007～2013	是	德国	承保—理赔
RadarSat 2	SL,SM,SC	C	单极化,双极化,全极化	1～100	24	2007	是	加拿大	承保—理赔
ALOS-2	SL,UFS,FS,HSS,SCN,SCI,SCW	L	单极化,双极化,全极化	1～100	14	2014	是	日本	理赔
高分3号01/020/3星	SL,SMSC,WAV,EXT	C	单极化,双极化,全极化	1～500	3.5	2016/2021/2022	是	中国	承保—理赔
Sentinel 1 A/B	SM,IWS,EW,WAV	C	单极化,双极化	1～100	6	2014/2016	否	欧空局	承保—理赔

注：SL：Spotlight，聚束成像模式；SM：Stripmap，条带成像模式；SC：ScanSAR，条带扫描成像模式；SCW：ScanSAR Wide，条带宽扫成像模式；UFS：Ultra Fine ScanSar，超精细条带扫描成像模式；FS：Fine ScanSar，精细条带扫描成像模式；HSS：High Sensitive ScanSar 高敏条带扫描成像模式；SCN：ScanSAR nominal，标准条带扫描成像模式；IWS：Interferometric Wide Swath 干涉宽幅扫描成像模式；WAV：Wave，波成像模式；EXT：Extended Incidence Angle 扩展入射角成像模式，EW：Extra Wide Swath，超宽幅扫描模式

收入保险的应用流程涉及的地块提取、作物分类、长势和灾情评估和产量估算技术都可以在农业遥感技术应用中找到相似的应用案例和经验范本。然而，目前遥感技术在种植收入保险乃至整个农业保险中的应用仍然存在两个技术性问题和两个行业性问题。两个技术问题分别是：①地块识别和作物分类自动化和智能化程度不高；②产量估算缺乏机理意义，不够简便可靠。两个行业性的问题分别是：①遥感行业自身局限性问题，包括数据源自身的问题，数据费用问题和数据预处理问题。数据源自身问题指光学遥感受天气影响，经常缺失，雷达数据在农业信息反映上极其有限，且技术壁垒较高，而无人机要覆盖全国所有主产省的产量大县，其成本极高。数据费用问题指的是多数数据都需要付费，就收入保险常用的高和中高分辨率的多光谱卫星遥感数据而言，国内外除了美国的 Landsat 8 及其相关系列和欧盟的 Sentinel 2 卫星数据免费之外，其余均需要付费，有些数据费用还不低。而且多光谱卫星数据的获取严重受天气影响，若在轨多光谱卫星数据缺乏，如何补充其他数据，包括商业卫星的编程获取、雷达数据和低空数据，及补充数据产生的费用由谁承担也是需要考虑的重要问题。数据预处理问题指的是数据的几何纠正、大气纠正、

数据融合等数据预处理。同样，对于多光谱卫星而言，除了国外的Landsat 8和Sentinel 2卫星数据预处理流程相对简单之外，其他数据，包括中国高分系列数据，预处理过程也较费力[8]，中国在农业遥感卫星数据预处理和农作物面积提取方面有遥感技术规范，但是数据预处理由谁来做，数据由谁来提供，数据费由谁买单，这些都是影响遥感技术在农业保险中应用的重要因素。②应用目的问题。遥感技术在农业保险中的应用途径极有可能是一条弯路，本着对已有业务自动化的目的，遥感技术在农业保险应用方面的探索较多，但是对已有业务的自动化可能不及重新找一条业务途径便捷。如Hammer所说[63]，20世纪所有试图对已有业务自动化的尝试成功率并不高，最好的方法还是采用全新的业务模式取代之，这才是基于技术的业务革新。目前所有的应用在二者结合模式的创新方面探索较少。这也导致目前遥感技术与农业保险结合在理赔中的作用备受争议，如遥感所得的产量结果是否完全可靠，是否可直接用于理赔，是否应该按照一定比例采纳遥感所得的结果，是否需要将遥感技术标准化，并写入保险合同中等。

此外，虽然种植收入保险业务流程所涉及的各项遥感技术都有一定的技术基础，但是每一种作物、每一种保险产品的业务流程不同，他们所需要的遥感技术服务也不同，且随着种植收入保险的进一步发展，其对遥感技术提供的数据支持需求剧增，遥感技术在种植收入保险中的应用还需改进。

5.2 发展建议

因此，对下一步开展遥感技术在种植收入保险中的应用方面提出五点建议。

（1）国内具有卫星数据收集和分发资质的部门应该利用其优势和资源发挥重要作用，对数据进行统一收集和预处理，并建立可供农业保险行业或者遥感应用部门直接下载使用的标准化卫星数据分发平台。

（2）地块识别和作物分类方面，充分发挥保险行业查勘定损的野外样本采集优势，不断积累野外样本，完善耕地和作物样本库，为地块识别和作物分类自动化和智能化提供基础。

（3）充分利用交叉学科的研究成果，综合农学、气象学、模型学、生态学和遥感科学建立更具机理意义、更简便可靠、可多尺度开展的估产模型，降低估产流程的时间和经济成本，提高精度和机理性。

（4）尽快建立遥感成熟技术应用于农业保险的相关标准规范，以利于保险公司、行业监管对遥感技术的应用和认可，加快遥感技术的推广，促进农业保险行业的健康发展。

（5）针对新时期种植收入保险扩大试点的形势下，遥感技术的引入应该始于保险产品的设计、并写入保险合同中。对于未来遥感技术在种植收入保险及其他农业保险中的应用，遥感技术充分发挥作用，努力进行试点和加快高新技术的应用，以高精度和高效率为目标，促进结合遥感技术的全新农业保险模式诞生。

随着遥感相关技术的进一步提升、遥感技术与农业保险相结合的标准规范的出台、农业保险合同对遥感技术的明确规定，遥感技术在农业保险中的应用将进入快速发展阶段。未来种植收入保险乃至所有农业保险中遥感技术的应用模式将是一个有数据可用，技术上更自动化、更智能化，有标准可依，有合同背书的新型模式。

参考文献：

[1] 薛瑾. 农业保险保费增速跑赢财险业“定制范儿”护航乡村振兴[EB/OL]. 中国证券报, (2021-02-05)[2022-1-31]. https://www. cs. com. cn/bx/202102/t20210205_6137554.html.
[2] 赵展慧, 曲哲涵. 2021年全国农业保险保费规模达965亿元[N]. 人民日报, 2022-01-13(7).
[3] 中国保险学会. 农业保险服务“三农”发展研究 [M]. 北京: 中国金融出版社, 2021: 496.
[4] 中华人民共和国农业农村部金融司. 关于扩大三大粮食作物完全成本保险和种植收入保险实施范围的通知[EB/OL]. [2021-12-31]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/CWS/202106/t20210630_6370731.htm.
[5] 唐华俊. 农业遥感研究进展与展望[J]. 农学学报,

2018, 8(1): 161-171.
TANG H. Progress and prospect of agricultural remote sensing research[J]. Journal of Agriculture, 2018, 8(1): 161-171.

[6] 王利民, 刘佳, 季富华. 中国农业遥感技术应用现状及发展趋势[J]. 中国农学通报, 2021, 37(25): 138-143.
WANG L, LIU J, JI F. Status quo and development trend of agriculture remote sensing technology application in China[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2021, 37(25): 138-143.

[7] 吴文斌, 胡琼, 陆苗, 等. 农业土地系统遥感制图[M]. 北京: 科学出版社, 2020.

[8] 黄波. 无人机技术在种植业保险中的应用研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2019.
HUANG B. Research on the application of unmanned aerial vehicle technology in planting industry insurance[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2019.

[9] 张王菲, 陈尔学, 李增元, 等. 雷达遥感农业应用综述[J]. 雷达学报, 2020, 9(3): 444-461.
ZHANG W, CHEN E, LI Z, et al. A review of applications of radar remote sensing in agriculture[J]. Journal of Radars, 2020, 9(3): 444-461.

[10] TOWERY N G, EYTON J R, CHANGNON S, et al. Remote sensing of crop hail damage[R]. Illinois State: Illinois State Water Survey, 1975.

[11] TOWERY N. Some applications of remote sensing of crop-hail damage in the insurance industry[R]. Circular 143/80 of the Illinois State Water Survey, Illinois Institute of Natural Resources: Urbana, IL, USA, 1980.

[12] DE LEEUW J, VRIELING A, SHEE A, et al. The potential and uptake of remote sensing in insurance: A review[J]. Remote Sensing, 2014, 6(11): 10888-10912.

[13] VROEGE W, DALHAUS T, FINGER R. Index insurances for grasslands: A review for Europe and North-America[J]. Agricultural Systems, 2019, 168: 101-111.

[14] ARUMUGAM P, CHEMURA A, SCHAUBERGER B, et al. Remote sensing based yield estimation of rice (*Oryza Sativa* L.) using gradient boosted regression in India[J]. Remote Sensing, 2021, 13(12): ID 2379.

[15] LI Z, ZHANG Z, ZHANG L. Improving regional wheat drought risk assessment for insurance application by integrating scenario-driven crop model, machine learning, and satellite data[J]. Agricultural Systems, 2021, 191: ID 103141.

[16] MANAGO N, HONGO C, SOFUE Y, et al. Transplanting date estimation using Sentinel-1 satellite data for paddy rice damage assessment in Indonesia[J]. Agriculture, 2020, 10(12): 1-18.

[17] 张兰. 农险"用腿理赔"或将终结[N]. 金融时报. 2013-10-21(005).

[18] 郭清, 何飞. 空间信息技术在农业保险中的应用研究[J]. 地理信息世界, 2014, 21(1): 79-84.
GUO Q, HE F. Research on the application of spatial information technology in agricultural insurance[J]. Geographic Information World, 2014(1): 79-84。

[19] 李懿珈, 叶涛, 德庆卓嘎, 等. 基于遥感植被指数的西藏那曲地区畜牧业旱灾指数保险产品设计研究[J]. 农业现代化研究, 2018, 39(4): 680-688.
LI Y, YE T, DEQING Z, et al. Research on the design of animal husbandry drought index insurance product in Nagqu region of Tibet based on remote sensing vegetation index[J]. Agricultural Modernization Research, 2018. 39(4): 680-688.

[20] 蒙继华, 付伟, 徐晋, 等. 遥感在种植业保险估损中的应用[J]. 遥感技术与应用, 2017(2): 238-246.
MENG J, FU W, XU J, et al. Application of remote sensing in planting industry insurance loss estimation[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2017(2): 238-246

[21] 陈爱莲, 李家裕, 张圣军, 等. 卫星遥感估产技术在大豆区域收入保险中的应用[J]. 智慧农业(中英文), 2020, 2(3): 139-152.
CHEN A, LI J, ZHANG S, et al. Application of satellite remote sensing yield estimation technology in regional revenue protection crop insurance: A case of soybean[J]. Smart Agriculture, 2020, 2(3): 139-152.

[22] 朱玉霞, 牛国芬, 陈爱莲, 等. 基于多源遥感数据的马铃薯收入保险应用研究[J]. 中国农业资源与区划, 2021, 42(10): 223-232.
ZHU Y, NIU G, CHEN A, et al. Application of potato income insurance based on multi-source remote sensing data[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2021, 42(10): 223-232.

[23] 赵思健, 张峭. 农业保险科技的现状、体系与展望[J]. 中国保险, 2018(7): 28-35.
ZHAO S, ZHANG Q. The current situation, system and prospect of agricultural insurance technology[J]. China Insurance, 2018(7): 28-35.

[24] 赵思健, 张峭. 科技助推农业保险高质量发展研究[J]. 保险理论与实践, 2020(8): 7-19.
ZHAO S, ZHANG Q. Research on science and technology boosting the high-quality development of agricultural insurance[J]. Insurance Theory and Practice, 2020 (8): 7-19.

[25] 李乐, 潘耀忠, 王晓东, 等. 基于3S技术农业保险"精确承保与快速理赔"[J]. 卫星应用, 2016(3): 66-72.
LI L, PAN Y , WANG X, et al. Based on 3S technology agricultural insurance "accurate underwriting and fast claim settlement"[J]. Satellite Applications, 2016 (3): 66-72.

[26] 祁鑫. 遥感技术应用于农业保险业务模式创新[J]. 农技服务, 2017. 34(14): 171.

[27] 徐志成, 韩志花, 王盾, 等. 内蒙古利用科技手段开展农业保险精准承保理赔试点工作[J]. 保险理论与实践, 2020(1): 1-6.

XU Z , HAN Z, WANG D, et al. Inner Mongolia uses scientific and technological means to carry out the pilot work of agricultural insurance precision underwriting and claims settlement[J]. Insurance Theory and Practice, 2020(1): 1-6.

[28] 吴波, 杨娜, 戴维序, 等. 浅谈遥感技术在农业保险中的应用——以菏泽市单县玉米涝灾定损为例[J]. 农村实用技术, 2020(5): 37-39.
WU B, YANG N, DAI W, et al. A brief discussion on the application of remote sensing technology in agricultural insurance: Taking the damage determination of corn waterlogging disaster in Shanxian county, Heze city as an example[J]. Rural Practical Technology, 2020(5): 37-39.

[29] 胡运伟, 冷伟, 陈淑敏, 等. 遥感在农险应用中的全流程解析——以湖北省孝感市孝南区中稻定标、验标项目为例[J]. 卫星应用, 2020(11): 30-34.
HU Y, LENG W, CHEN S, et al. Analysis of the whole process of remote sensing in agricultural insurance application: Taking the middle rice calibration and inspection project in Xiaonan district, Xiaogan city, Hubei province as an example[J]. Satellite Applications, 2020(11): 30-34.

[30] 丁伟. 基于深度神经网络的耕地提取与作物识别方法研究[D]. 北京: 中国科学技术大学, 2021.
DING W. Research on land extraction and crop recognition method based on deep neural network[D]. Beijing: University of Science and Technology of China, 2021.

[31] 吴延鹏. 无人机为太保农险保驾护航[J]. 农村.农业.农民(B版), 2016(4): 48.

[32] 陈爱莲, 朱玉霞, 孙伟, 等. 遥感技术在农业保险病虫害定损中的应用——以双河农场稻瘟病为例[J]. 遥感信息, 2021, 36(6): 44-50.
CHEN A, ZHU Y, SUN W, et al. Application of remote sensing technology in the determination of pests and diseases in agricultural insurance: A case study of Rice Blast in Shuanghe Farm[J]. Remote Sensing Information, 2021, 36(6): 44-50.

[33] 高雅琴, 陈林洁, 陈鑫磊, 等. "互联网+"时代下农业保险服务创新研究——以太平洋保险"e农险"在气象指数保险上的应用为例[G]. (2017)浙江保险科研成果选编, 2018.

[34] 陈军, 武昊, 李松年. 全球地表覆盖领域服务计算的研究进展——以 GlobeLand 30 为例[J]. 测绘学报, 2017, 46(10): 1526-1533.
CHEN J, WU H, LI S. Research progress of global land domain service computing: Take GlobeLand 30 as an example[J]. Acta Geodaeticaet Cartographica Sinina, 2017, 46(10): 1526-1533.

[35] 陈迪, 吴文斌, 陆苗, 等. 基于多源数据融合的地表覆盖数据重建研究进展综述[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(9): 62-70.
CHEN D, WU W, LU M, et al. A review of the research progress of land cover data reconstruction based on multi-source data fusion[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2016, 37(9): 62-70.

[36] 倪玲, 舒宁. 遥感图像理解专家系统中面向对象的知识表示[J]. 武汉测绘科技大学学报, 1997(1): 34-36, 48.
NI L, SHU N. Object-oriented knowledge representation in remote sensing image understanding expert system[J]. Journal of Wuhan University of Surveying and Mapping Technology, 1997(1): 34-36, 48.

[37] 张东梅. 基于多尺度分割的土地利用分类研究——以银川金凤区为例[D]. 南昌: 东华理工大学, 2017.
ZHANG D. The land use classification based on multiscale segmentation: A case in Jinfeng district, Yinchuan city[D]. Nanchang: East China University of Technology, 2017.

[38] 赵士肄, 闫金凤, 杜佳雪. 基于面向对象结合随机森林模型的Sentinel-2A影像耕地信息提取[J/OL]. 河南理工大学学报(自然科学版), [2021-03-29]. https://kns. cnki. net/kcms/detail/41.1384. N. 20210327.1413.002.html.
ZHAO S, YAN J, DU J. Sentinel-2A image cultivated land information extraction based on object-oriented and random forest model[J/OL]. Journal of Henan Polytechnic University(Natural Science), [2021-03-29]. https://kns. cnki. net/kcms/detail/41.1384. N. 20210327.1413.002.html.

[39] 罗建松, 赵妮妮, 李姝蕊. 基于Landsat-8数据的快速变化检测研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2020, 43(12): 116-118, 121.
LUO J, ZHAO N, LI S. Research on the quick change detection based on Landsat-8 Satellite images[J]. Surveying and Geospatial Information, 2020, 43(12): 116-118, 121.

[40] HINTON G E, OSINDERO S, TEH Y W. A fast learning algorithm for deep belief nets[J]. Neural Computation, 2006, 18(7): 1527-1554.

[41] 刘大伟, 韩玲, 韩晓勇. 基于深度学习的高分辨率遥感影像分类研究[J]. 光学学报, 2016, 36(4): 306-314.
LIU D, HAN L, HAN X. High spatial resolution remote sensing image classification based on deep learning[J]. Acta Optica Sinica, 2016, 36(4): 306-314.

[42] 冯丽英. 基于深度学习技术的高分辨率遥感影像建设用地信息提取研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2017.
FENG L. Research on construction land information extraction from high resolution sensing images with deep learning technology[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2017.

[43] 王斌, 范冬林. 深度学习在遥感影像分类与识别中的研究进展综述[J]. 测绘通报, 2019(2): 99-102, 136.
WANG B, FAN D. Research progress of deep learning

in classification and recognition of remote sensing images[J]. Surveying and Mapping Bulletin, 2019(2): 99-102, 136.

[44] 董金玮, 李世卫, 曾也鲁, 等. 遥感云计算与科学分析: 应用与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2020.

[45] 杨颖频, 吴志峰, 骆剑承, 等. 时空协同的地块尺度作物分布遥感提取[J]. 农业工程学报, 2021, 37(7): 166-174.
YANG Y, WU Z, LUO J, et al. Parcel-based crop distribution extraction using the spatiotemporal collaboration of remote sensing data[J]. Transactions of the CSAE, 2021, 37(7): 166-174.

[46] 刘斌, 史云, 吴文斌, 等. 基于无人机遥感可见光影像的农作物分类[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(8): 55-63.
LIU B, SHI Y, WU W, et al. Crop classification based on uav remote sensing images[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2019, 40(8): 55-63.

[47] 吴志峰, 骆剑承, 孙营伟, 等. 时空协同的精准农业遥感研究[J]. 地球信息科学学报, 2020, 22(4): 731-742.
WU Z, LUO J , SUN Y, et al. Research on precision agricultural based on the spatial-temporal remote sensing collaboration[J]. Journal of Geo-information Science, 2020, 22(4): 731-742.

[48] 杨闫君, 占玉林, 田庆久, 等. 基于GF-1/WFVNDVI时间序列数据的作物分类[J]. 农业工程学报, 2015. 31(24): 155-161.
YANG Y, ZHAN Y, TIAN Q, et al. Crop classification based on GF-1/WFV NDVI time series[J]. Transactions of the CSAE, 2015, 31(24): 155-161.

[49] 杜保佳, 张晶, 王宗明, 等. 应用Sentinel-2A NDVI时间序列和面向对象决策树方法的农作物分类[J]. 地球信息科学学报, 2019, 21(5): 740-751.
DU B, ZHANG J, WANG Z, et al. Crop mapping based on Sentinel-2A NDVI time series using object-oriented classification and decision tree model[J]. Journal of Geo-information Science, 2019, 21(5): 740-751.

[50] 孙晨红, 杨贵军, 董燕生,等. 旱冻双重胁迫下的冬小麦幼苗长势遥感监测研究[J]. 麦类作物学报, 2014, 34(5): 635-641.
SUN C, YANG G, DONG Y, et al. Remote sensing monitoring on seedling conditions of winter wheat growth under double stress of dry and freezing injury[J]. Journal of Triticeae Crops, 2014, 34(5): 635-641.

[51] 董燕生, 陈洪萍, 王慧芳, 等. 基于多时相环境减灾卫星数据的冬小麦冻害评估[J]. 农业工程学报, 2012, 28(20): 172-179, 295.
DONG Y, CHEN H, WANG H, et al. Assessing freeze injury to winter wheat with multi-temporal HJ-1 satellite imagery[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(20): 172-179, 295.

[52] 甘平, 董燕生, 孙林, 等. 基于无人机载LiDAR数据的玉米涝灾灾情评估[J]. 中国农业科学, 2017, 50(15): 2983-2992.
GAN P, DONG Y, SUN L, et al. Evaluation of maize waterlogging disaster using UAV LiDAR data[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2017, 50(15): 2983-2992.

[53] 郭安廷. 基于成像遥感的小麦条锈病监测方法研究[D]. 北京: 中国科学院大学(中国科学院空天信息创新研究院), 2021.
GUO A. Research on the methods of wheat yellow rust monitoring based on imaging remote sensing[D]. Beijing: Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, 2021.

[54] 王凡. 基于小波变换的玉米大斑病害高光谱监测研究[D]. 太谷: 山西农业大学, 2019.
WANG F. Hyperspectral monitoring of maize leaf blight disease based on wavelet transform[D]. Taigu: Shanxi Agricultural University, 2019.

[55] 黄青, 李丹丹, 陈仲新, 等. 基于MODIS数据的冬小麦种植面积快速提取与长势监测[J]. 农业机械学报, 2012(7): 163-167.
HUANG Q, LI D, CHEN Z, et al. Rapid extraction and growth monitoring of winter wheat planting area based on MODIS data[J]. Transactions of the CSAM, 2012 (7): 163-167.

[56] 杜鑫, 蒙继华, 吴炳方. 作物生物量遥感估算研究进展[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(11): 3098-3102.
DU X, MENG J, WU B. Overview on monitoring crop biomass with remote sensing[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2010, 30(11): 3098-3102.

[57] 黄健熙, 黄海, 马鸿元, 等. 遥感与作物生长模型数据同化应用综述[J]. 农业工程学报, 2018, 34(21): 144-156.
HUANG J, HUAN H, MA H, et al. Review on data assimilation of remote sensing and crop growth models[J]. Transactions of the CSAE, 2018, 34(21): 144-156.

[58] 王丽媛. 遥感数据与作物模型同化的冬小麦估产研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2018.
WANG L. Estimating winter wheat yield by assimilation of remote sensing data into crop models[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2018.

[59] 程志强, 蒙继华. 作物单产估算模型研究进展与展望[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(4): 402-415.
CHENG Z, MENG J. Research advances and prospectives on crop yield estimation models[J]. Chinese Journal of Ecological Agriculture, 2015, 23(4): 402-415.

[60] 武伟, 范莉, 李茂芬, 等. 不同时间尺度太阳辐射数据对作物生长模型的影响(英文)[J]. 农业工程学报, 2012, 28(3): 123-128.
WU W, FAN L, LI M, et al. Sensitivity analysis of crop growth models to multi-temporal scale solar radiation[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(3): 123-128.

[61] 卢必慧, 于堃. 遥感信息与作物生长模型同化应用的研究进展[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(10): 9-13.

LU B, YU K. Research progress on assimilation aplication of remote sensing information and crop growth model[J]. Jiangsu Agricultural Science, 2018, 46(10): 9-13.

[62] 王莺, 巩垠熙. 遥感光谱技术在农作物估产中的应用研究进展[J]. 中国农学通报, 2019, 35(3): 69-75.
WANG Y, GONG Y. Spectral remote sensing technology applied in crop yield estimation: Research progress[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2019, 35 (3): 69-75.

[63] HAMMER M. Reengineering work: Don't automate, obliterate[J]. Harvard Business Review, 1990, 68 (4): 104.

Application Scenarios and Research Progress of Remote Sensing Technology in Plant Income Insurance

CHEN Ailian[1,2], ZHAO Sijian[1,2*], ZHU Yuxia[1,2], SUN Wei[1,2], ZHANG jing[1,2], ZHANG Qiao[1,2]

（1. *Agricultural Information Institute*, *Chinese Academy of Agricultural Sciences*, *Beijing* 100081, *China*; 2. *Key Laboratory of Agricultural Information Service Technology*, *Ministry of Agriculture and Rural Agriculture*, *Beijing* 100081, *China*）

Abstract: Plant income insurance has become an important part of agricultural insurance in China. It has been recommended to pilot since 2016 by Chinese government in several counties, and is now (2022) required to be implemented in all major grain producing counties in the 13 major grain producing provinces. The measurement of yield for plant income insurance in such huge volume urgently needs the support of remote sensing technology. Therefore, the development history and application status of remote sensing technology in the whole agricultural insurance industry was reviewed to help understanding the whole context circumstances of plant income insurance firstly. Then, the application scenarios of remote sensing technology were analyzed, and the key remote sensing technologies involved were introduced. The technologies involved include crop field plot extraction, crop classification, crop disaster estimation, and crop yield estimation. Research progress of these technologies were reviewed and summarized ,and the satellite data sources that most commonly used in plant income insurance were summarized as well. It was found that to obtain a better support for a development of plant income insurance as well as all crop insurance from remote sensing communities, issues existed not only in the involved remote sensing technologies, but also in the remote sensing industry as well as the insurance industry. The most two important technical problems in the current application scenario of planting income insurance are that: the plot extraction and crop classification are not automated enough; the yield estimation mechanism is not strong, and the accuracy is not high. At the industry level, the first issue is the limitation of the remote sensing technology itself in that the remote sensing is not almighty, suffering from limited data source, either from satellite or from other platform, laborious data preprocessing, and pricey data fees for most of the data, and the second is the compatibility between the current business of the insurance industry and the combination of remote sensing. In this regard, this paper proposed in total five specific suggestions, which are: 1st, to establish a data distribution platform to solve the problems of difficult data acquisition and processing and standardization of initial data; 2nd, to improve the sample database to promote the automation of plot extraction and crop classification; 3rd, to achieve faster, more accurate and more scientific yields through multidisciplinary research; 4th, to standardize remote sensing technology application in agricultural insurance, and 5th, to write remote sensing applications in crop insurance contract. With these improvements, the application mode of plant income insurance and probably the whole agriculture insurance would run in a way with easily available data, more automated and intelligent technology, standards to follow, and contract endorsements.

Key words: remote sensing; agricultural insurance; plant income insurance; precise claim settlement; yield estimation; cultivated land extraction; disaster estimation; remote sensing data sources